

学校编码: 10384

密级\_\_\_\_\_

学号: 15420071151195

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

函数型数据分析与我国人均能源消费研究

Functional Data Analysis and the Study on Chinese Energy  
Consumption Per Capita

陈志烨

指导教师姓名: 钱争鸣 教授

专 业 名 称: 国民经济学

论文提交日期: 2010 年 4 月

论文答辩日期: 2010 年 月

2010 年 4 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘要

能源是人类生存、经济发展和社会进步的重要基础，能源消费是经济增长的动力源泉。改革开放以来，我国经济保持了近 30 年的快速发展，能源的消费和需求量与日俱增，已经成为制约我国社会经济可持续发展的瓶颈。亟需进行深入研究，为此本文采用函数型数据分析与贝叶斯方法对其进行全面深入的量化分析，具有重要的理论意义和应用价值。

函数型数据分析是近年来迅速发展的一种新型数据分析方法，对比传统数据分析方法，它依赖较少的假设条件和较弱的结构约束，不要求不同观测对象的数据观测点和观测次数相同，可以实现对无限维数据(函数型数据)的模式挖掘和用于对非函数型数据进行分析。函数型数据分析的一个重要的特征是可以求出导数曲线或微分曲线，从而可以探讨曲线外部的差异和曲线内部的动态变化模式，通过对它们的分析能够挖掘出更多的重要信息。本文把它们运用于对我国人均能源消费的研究，并着重从两个方面进行探讨。一方面通过函数型数据主成分分析法，对按能源品种的人均能源消费进行深入分析；另一方面通过函数型数据与贝叶斯方法的结合，引入贝叶斯随机波动模型，对我国城镇与农村地区人均能源消费进行深入的对比分析。

本文的创新主要体现在以下几个方面：

- 1、采用函数型数据理论和方法来分析我国人均能源消费问题；
- 2、利用函数型数据与传统方法进行结合分析，引入函数型主成分分析来研究各种能源种类的人均能源消费；
- 3、利用函数型数据与贝叶斯方法进行结合分析，引入贝叶斯随机波动来研究城镇和农村的人均能源消费；
- 4、在此基础上针对我国能源消费问题，提出相应的对策和政策建议。

**关键词：** 函数型数据    函数型主成分分析    贝叶斯随机波动

## Abstract

Energy is very important for human survival, economic development and social progress, and Energy consumption is the driving force of economic growth. China's economy maintained a rapid development in recent 30 years since the Openness and Reform, but increasing demand of energy consumption has restricted the sustainable development of China's society and economy. The article studies on the urgent problems further by the methods of functional data, which has important theoretical significance and application value.

Functional data analysis is a new and rapid developing method of data analysis in recent years. Compared with the traditional analyzing methods, functional data analysis has its own advantages, it relies relatively on less assumed conditions and looser structural limit, does not require that different observed objects have the same observing point and times, can be used to analyze infinite dimensional data and non-functional data. An important characteristic of functional data analysis is that derivative curves or differential curves can be found, explored the outside curve of the differences and dynamic changes within the curve model and used to mine more important information about the data. This article applies these in the research of china's energy consumption per capita. First, By Functional Principle Components Analysis, we study on Energy Consumption Per Capita sorted by source further. Second, By the combining of functional data and Bayesian methods, we introduce Bayesian stochastic volatility model and study on the rural and town of Energy Consumption Per Capita.

The creative points of this thesis can be viewed in the following aspects;

1. Using functional data to analyze the problem of Chinese Energy Consumption Per Capita. in new perspective;

2. The combination of functional data and the traditional method of analysis;

Based on Functional Principle Components Analysis, we study Energy Consumption Per Capita sorted by source.

3. The combination of functional data and Bayesian method; Based on Bayesian stochastic volatility model ,we study the rural and town of Energy Consumption Per Capita.

4. On this basis, we put forward Corresponding countermeasures and policy suggestions on the issue of energy consumption in our country

**Key word:** functional data; Functional Principle Components Analysis; Bayesian stochastic volatility

# 目 录

摘 要 .....	I
第一章 绪论 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究意义 .....	3
1.3 研究思路及框架结构 .....	3
第二章 函数型数据综述 .....	6
2.1 函数型数据基本概念及其特征 .....	6
2.2 函数型数据预处理 .....	6
2.3 函数型数据分析步骤 .....	19
第三章 我国人均能源消费现状及其问题 .....	21
3.1 我国人均能源消费现状 .....	21
3.2 我国人均能源消费问题 .....	23
第四章 基于函数型数据的主成分分析 .....	25
4.1 函数型数据应用的研究思路 .....	25
4.2 函数型主成分分析的计算过程 .....	25
4.3 按能源品种划分的人均能源消费分析 .....	32
4.4 本章小结 .....	38
第五章 基于函数型数据的贝叶斯随机波动分析 .....	39
5.1 函数型数据与贝叶斯方法 .....	39
5.2 贝叶斯随机波动模型 .....	40
5.3 我国城镇与农村人均能源消费分析 .....	47
5.4 本章小结 .....	57
第六章 改善我国人均能源消费结构与效率的政策建议 .....	59
6.1 改善我国人均能源消费结构的政策建议 .....	59

6.2 改善我国人均能源消费效率的政策建议 .....	61
研究结论与展望 .....	63
参 考 文 献 .....	64
附 录 .....	68
致 谢 .....	69

厦门大学博硕士论文摘要库



# Contents

<b>Abstract .....</b>	<b>I</b>
<b>Chapter One: Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 The Backgroud of The Study .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 The Significance of The Study .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Research Ideas and Structure .....</b>	<b>3</b>
<b>Chapeter Two: The Introduction of Functional Data .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Functional Data .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Pre-processing of Functional Data .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 The Course of Functional Data Analysis .....</b>	<b>19</b>
<b>Chapter Three: The situation and problems of chinese Energy</b>	
<b>Consumption Per Capita .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 The situation of chinese Energy Consumption Per Capita .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 The problems of chinese Energy Consumption Per Capita .....</b>	<b>23</b>
<b>Chapter Four: Principle Components Analysis based on</b>	
<b>Functional Data .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Research Ideas of Functional Data Application .....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Functional Principle Components Analysis .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Analysis on Energy Consumption Per Capita By Sources .....</b>	<b>32</b>
<b>4.4 Conclusion .....</b>	<b>38</b>
<b>Chapter Five: Bayesian Stochastic Volatility Analysis based on</b>	
<b>Functional Data .....</b>	<b>39</b>
<b>5.1 Functional Data and Bayesian Methods .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2 Bayesian Stochastic Volatility Models .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3 Analysis on the Town an the Rural of Energy Consumption</b>	

Per Capita .....	47
5.4 Conclusion .....	57
<b>Chapter Six: Proposal of Improving the structure and efficiency</b>	
<b>of Energy Consumption Per Capita in china .....</b>	<b>59</b>
6.1 Suggestion of Improving the Structure of Energy Consumption	
Per Capita .....	59
6.2 Suggestion of Improving the Efficiency of Energy Consumption	
Per Capita .....	61
<b>Research Conclusion and Further Studies .....</b>	<b>63</b>
<b>References .....</b>	<b>64</b>
<b>Appendix .....</b>	<b>68</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>69</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

#### 1.1.1 时代背景

能源作为一种投入要素，与资本、劳动和原材料一样，是人类社会赖以生存和发展的重要自然资源，是社会生存的重要物质基础，并且在经济生活中发挥着重要作用，是经济可持续发展的物质基础。从十九世纪英国的工业革命开始利用煤炭资源开始，人类社会开始大规模的开发利用能源，之后工业文明的崛起，人类对于能源资源的使用也飞速增长，不仅体现在能源消费总量上，同时还体现在能源品种和质量上。

改革开放三十多年，伴随着我国经济的腾飞，我国的能源供给和需求快速增长中。中国既是能源生产大国，也是能源消费大国，能源生产总量仅次于美国和俄罗斯，居世界第三位，能源消费总量仅次于美国，居世界第二，占世界总消费量的 12%。但是我国又是能源资源匮乏的国家。我国人口占世界人口的 20%，已探明的石油储量占世界的 2.1%，天然气占 1%；人均石油资源为世界平均值的 11.1%，人均天然气资源为世界平均值的 4.3%。我国已探明的煤炭储量仅占世界的 11.6%，采储比为 69 年，人均煤炭资源不到世界平均水平的一半，为 55.4%。世界已探明的煤炭储量采储比为 192 年，美国高达 258 年，印度也有 230 年。

2000 年以来，中国的能源供需形势发生了重大变化，能源问题已经演变成经济和社会发展中的重大问题，引起党和政府及全社会的高度关注。在全面建设小康社会的关键期，在构造和谐社会的攻坚期，关注民生，改善民生成为时代的主题，本文选择以我国人均能源消费问题为研究点，以我国人均能源消耗量作为实证研究数据，采用新的数据分析方法，对取样的数据进行分析 and 比较，得出一些有用的结果，希望对我国能源消费政策提出一点可行的建议。

#### 1.1.2 理论背景

一般来说，传统的数据分析方法所采用的数据类型是离散数据序列，如时间

序列数据或横截面数据，这些数据看成离散的且有限的，是单个观测值的顺序排列。随着 IT 技术的变革性发展和信息技术的日益成熟、创新，人们获取和存储数据的能力得到了前所未有的提高，信息处理的要求越来越高，大量复杂、形似多样的数据类型不断涌现，并且对数据处理要求划分更细、间隔更短。在现实生活中，人们需要处理越来越多的具有函数特征的数据（函数型数据）。比如，某地区或多个地区气象站测量的多年的日降雨量数据和气温数据；海洋预报台对海水温度、海浪大小的观察数据；多个地区或国家的月度或年度 GDP 和进出口交易额数据；上市、沪市指数的变化以及股票的分时或日均成交价、收盘价、涨跌幅、交易量、交易额等数据；银行的各分支机构日均存款量、日均放款量及每天营业所客户流量、各种业务办理量、ATM 机现金取用金额等。

实际中，越来越多的研究领域所收集到的样本观测数据具有函数型特征，这种函数型数据是融合时间序列和横截面两者的数据，可以通过曲线或其他函数图像表现出来。计量经济学近二十多年来发展的面板数据分析方法日趋成熟和推广，并具有很好的应用价值，然而面板数据只是函数型数据的一种特殊类型，且其分析方法太过于依赖模型的线性结构和假设条件等。此外，传统的数据分析方法忽视了这些数据的部分函数特征，且一般要求数据的观测点和观测次数相同，而实际中收集到的数据很多时候并不满足这个条件，所以我们引入函数型数据分析的概念。

函数型数据分析，实际上是从函数的视角对数据进行分析，原因有以下：

一、在信息社会，获得数据的方式和技术日新月异、多样化，例如，越来越多的研究者可以通过数据的自动收集系统获得大量的数据信息。更重要的是，原本用于工程技术分析的修匀(smoothing)和插值(interpolation)技术，可以从有限组的观测数据产生出相应的函数表示形式。

二、尽管只有有限组的观测数据可供利用，但通过一些建模思想，将其纳入函数范畴中来考虑，会使分析更加全面、深刻，比如本文将函数型数据引入到贝叶斯随机波动模型中进行分析。

三、在有些情况下，利用有限组的数据估计函数或其导数，分析本质上具有函数型的特征的现象，进行函数型数据分析。

四、函数过程中将平滑性引入其所产生的多元数据的处理中，对分析具有重要的意义。

## 1.2 研究意义

能源问题已经成为全球瞩目的、关系现在和未来发展的迫切难题，对能源的研究也是近年来热门的学术热点，主要集中在宏观层面上进行分析，能源与经济增长，能源与环境污染等；或者通过时点和区域指标简单对比来衡量彼此差异，一般采用传统的数据分析方法作为分析工具，比如地区能源各类指标，国家之间能源生产和消费总量比值。

而函数型数据分析作为近年来迅速发展的一种新型数据分析方法，已引起国内外学术界的关注，取得了很多的研究成果，在增长分析、气象学、生物力学、经济学、医学等许多领域取得突破性进展，并具有广阔的应用前景。但关于函数型数据分析的研究仍处于起步阶段，许多问题还需要做进一步的研究，从目前函数型数据分析方法应用的领域来看，极少涉及对经济现象的分析研究。因此，对函数型数据分析方法及其在经济数据分析中的应用的探索和研究具有重要的理论意义和现实意义。

本文通过函数型数据分析对我国人均能源消费问题进行研究，，并着重从两个方面进行探讨。一方面通过函数型数据主成分分析法，对按能源品种的人均能源消费进行深入分析；另一方面通过函数型数据与贝叶斯方法的结合，引入贝叶斯随机波动模型，对我国城镇与农村地区人均能源消费进行深入的对比分析。借助函数型数据进行贝叶斯建模，希望尝试把函数型数据和贝叶斯思想进行结合，这也是本文的创新之处。

## 1.3 研究思路及框架结构

### 1.3.1 研究的基本思路

通过引入函数型数据的思想，对我国能源人均消费问题进行研究。首先利用函数型数据与传统方法进行结合分析，引入函数型主成分分析，对我国人均各种

能源消耗情况进行比较分析，得出目前我国各类能源人均消费的发展趋势；其次利用函数型数据与贝叶斯方法进行结合分析，引入贝叶斯随机波动来，以来研究我国城镇和农村的人均能源消费波动率变化，对以半年和年为单位的波动情况进行比较分析。最后针对我国能源消费问题，提出相应的对策和政策建议。本程序部分通过 matlab 和 Winbugs 进行实现。创新部分主要有：（1）采用函数型数据思想的视角来分析我国人均能源消费问题；（2）利用函数型数据与传统方法进行结合分析，比如函数型主成分分析；（3）利用函数型数据与贝叶斯方法进行结合分析，引入贝叶斯模型，进行推断和参数估计。

### 1.3.2 本文的框架结构

本文的研究框架如下图：

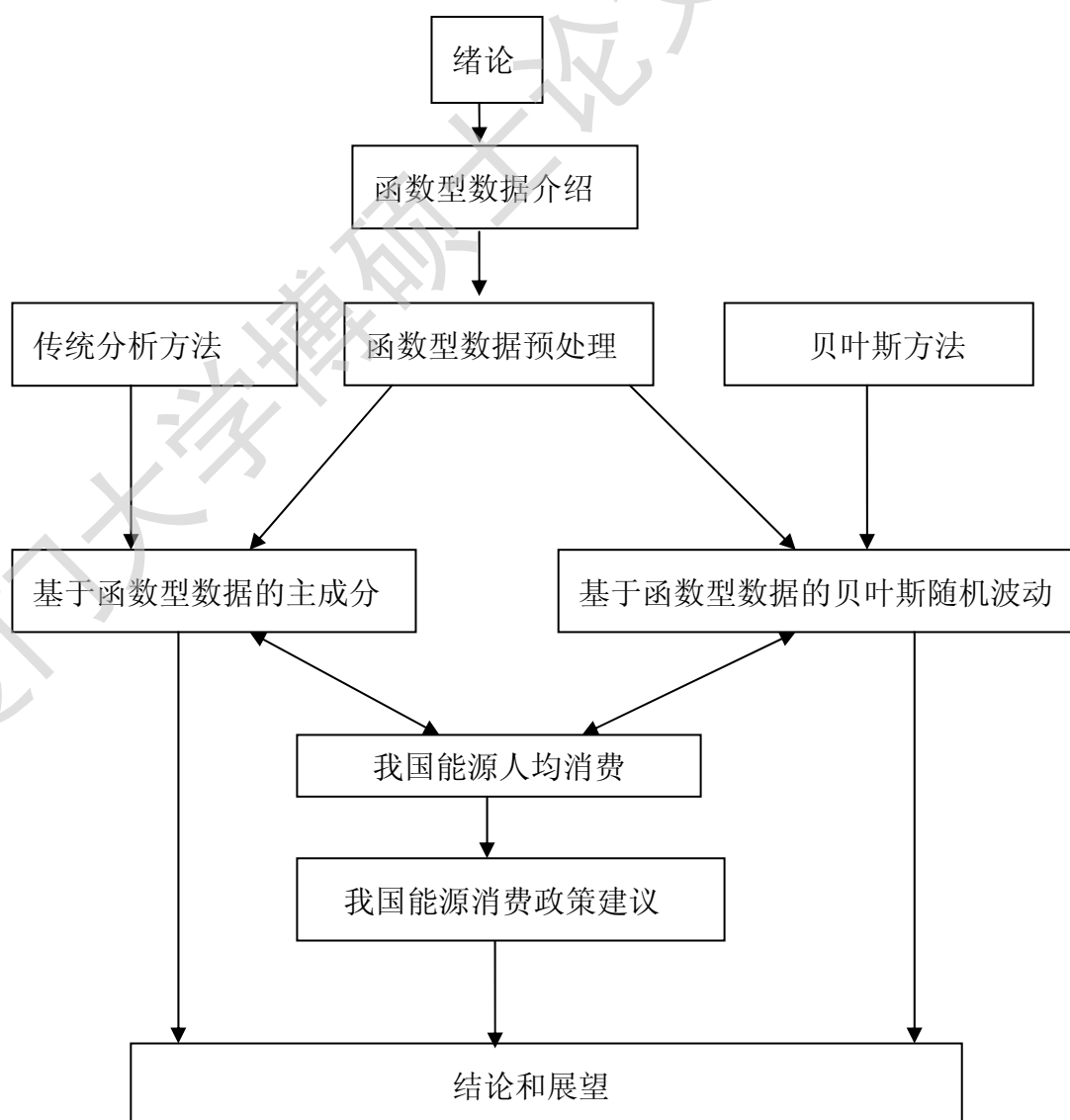


图 1.1 研究框架图

具体来说，本文的内容主要分为以下六个部分：

第一章：绪论。主要介绍了本文的研究背景(包括时代背景和理论背景)，并提出研究的意义。

第二章：函数型数据综述，简要介绍函数型数据基本概念及其特征，还有函数型数据预处理方法及函数型数据分析步骤。

第三章：我国人均能源消费现状及其问题，对我国人均能源消费整体状况做简要的介绍。

第四章：基于函数型数据的主成分分析，将传统主成分思想引入函数型数据当中，进行比较分析，并通过我国各类能源人均消费量进行实证研究。

第五章：基于函数型的贝叶斯随机波动分析，将贝叶斯方法和函数型数据进行结合分析，采用新的处理方式，对我国城镇和农村的能源人均消费量进行实证探讨。

第六章：改善我国能源消费结构和效率的政策建议。在基于函数型数据的我国能源人均消费研究的基础上，对实证研究的结果进行综合考虑，提出一些能源消费问题的政策建议。

最后，结论和展望。对本文的基于函数型数据的分析研究提出总结和归纳，并对研究的不足提出一些意见，对后续研究提出展望。

## 第二章 函数型数据综述

### 2.1 函数型数据基本概念及其特征

函数型数据分析 (Function Data Analysis, 简称FDA) 最初是由McGill大学的心理学与统计学教授J.O.Ramsey和Bristol大学的统计学教授B.W.Silverman于1997年共同提出的。函数型数据分析最显著特征在于它所针对的分析和处理的对象是函数, 而不再是以数据表等形式出现的离散数据。经过不断的发展和壮大, 函数型数据分析已经在气象学、生物学、考古研究、医学研究和犯罪行为研究等领域得到了充分应用, 不断扩展的应用又推动FDA在理论上的不断发展和创新。Bernard Silverman教授在函数型数据分析的平滑方法研究方面做出贡献, 提出的“粗糙惩罚平滑法”已经成为FDA的经典分析方法。在分析技术方面, 函数型数据的主成分分析、微分方程、曲线平滑及曲线套准等方法的研究已经比较成熟; 但与普通数据的分析技术相比, 还有欠缺, 比如在建立模型方面还比较少, 较多在线性模型; 在推断方法上还主要采用最小二乘法, 很少采用贝叶斯推断。目前, FDA在主成分分析、回归分析等方法的研究比较多, 而在分类方法上的研究还有待深入, 而且在贝叶斯方法中, 曲线套准采用贝叶斯层次模型进行分析, 其他方面涉及较少。

### 2.2 函数型数据预处理

函数型数据分析的基本原理是把函数型数据看成一个整体, 而非个体观测值的一个简单序列。Functional 是指数据的内在结构, 不是数据的外在形式。假定在给定的数据背后存在着相应的函数, 这样在理论上可以估计任意 $t$ 上的函数值 $x(t)$ 及其各阶导数值 $D^m x(t)$ , 并获得相关的函数信息。但是在实际中, 我们通常都是以离散的形式对函数型数据进行观测和记录的, 且样本数据的个数是有限的。因而在进行深入的函数型数据分析之前, 需要对函数型数据进行预处理。将离散数据转化为连续数据有两种方法, 一种插值方法, 在传统分析中较为常见, 另外一种平滑方法。在函数型数据预处理中, 我们采用平滑方法。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库